

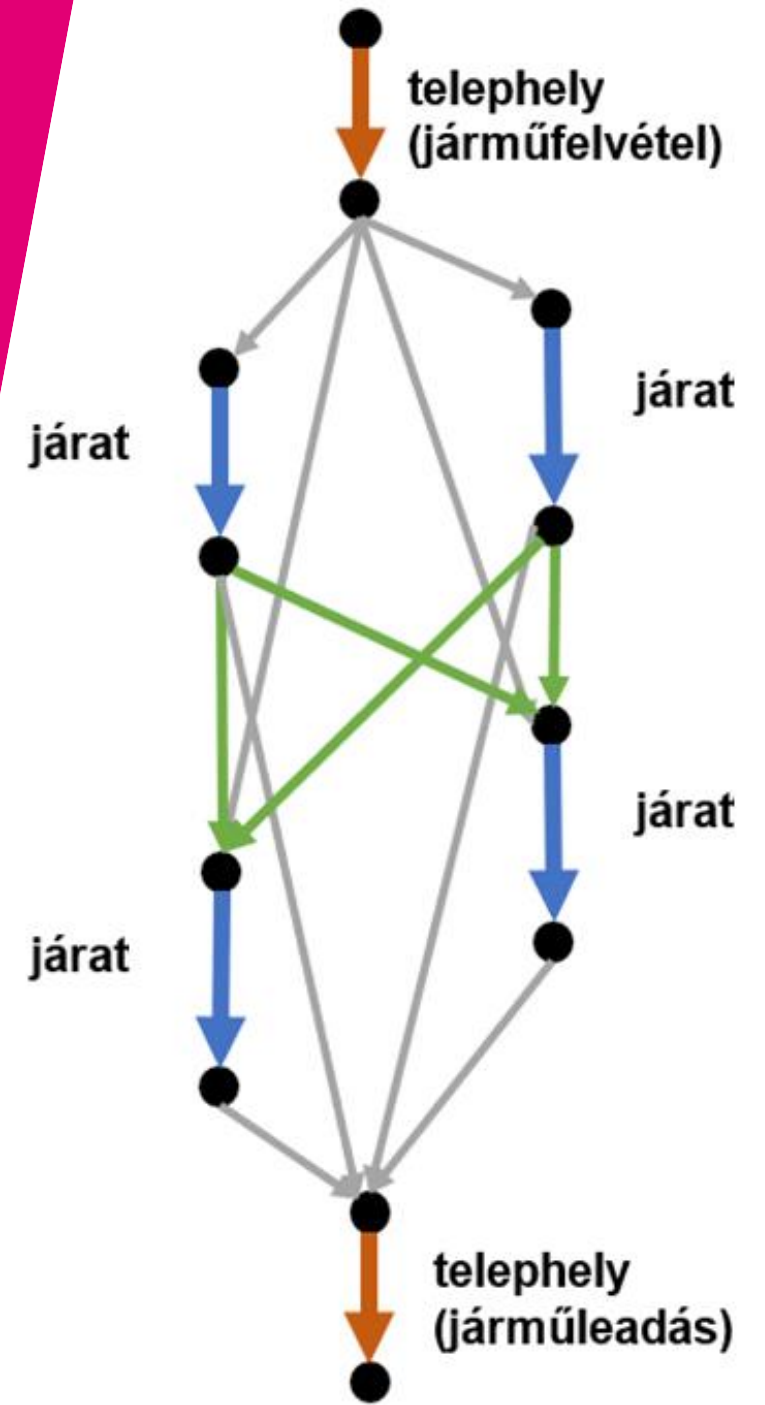
# Automatikus üzemi menetrend készítés, fordaoptimalizáció

Előadó: Hetei Balázs Attila, Telekom Rendszerintegráció Zrt.



# Tartalom

- Előzmények, és a feladat ismertetése
- Az optimalizálás menete, megoldási módszere
- Matematikai háttér
  - Gráf, áramkeresés
  - Célfüggvény
  - Evolúciós algoritmus
- Menetrendi jellemzők, foglalkoztatási szabályok
- Kihívások
- Paraméterezhetőség, minőségbiztosítás
- Előnyök, további projekt lehetőségek



# Előzmények

- A Telekom közlekedési területe (ill. jogelődjei) már közel 15 éve foglalkozik különböző beosztási (hozzárendeléses) feladatok informatikai támogatásával
  - Korábbi projektek: diszpécserok, és pénztárosok beosztásának támogatása
- Forda**optimalizálás**:
  - Összetett problémakör, elméleti (matematikai) nehézségek
  - Korábban is történtek kísérletek
  - Jelenlegi újszerű megközelítés eredményeképpen demó megoldás(ok) készült(ek) (helyi és helyközi közlekedésre)
  - A fejlesztés során cél a fejlett integráció, és testreszabhatóság



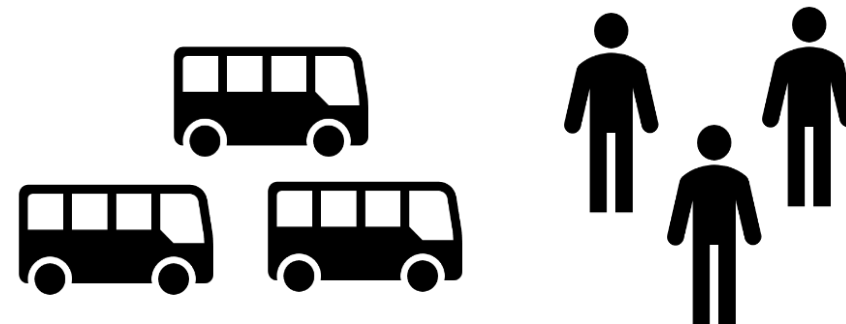
# A feladat ismertetése

**Adott járatlista (indítási jegyzék) járataihoz  
(meneteihez)**

**logikai járműveket, és járművezetőket kell  
rendelni**

**(azaz fordákat / beosztási keretet létrehozni).**

0,0	Budapest, Stadion aut. pu.	×	5 50
	Budapest, Kacsóh P. út ▶	~	
	Budapest, Szerencs u. ▶	~	
2,4	Budapest, Őrs vezér tere ▶		5 57
4,8	Budapest, Nagycsige ▶		6 01
8,9	Budapest, Vidámvásár u. ▶		6 08
13,2	Kistarcsa, vendéglő		6 14
16,3	Kerepes, Templom tér		6 18
	Gödöllő, Idősek Otthona	~	
	Gödöllő, Széchenyi I. u.	~	
	Gödöllő, szökőkút	~	
23,5	Gödöllő, aut. áll.	o	6 27



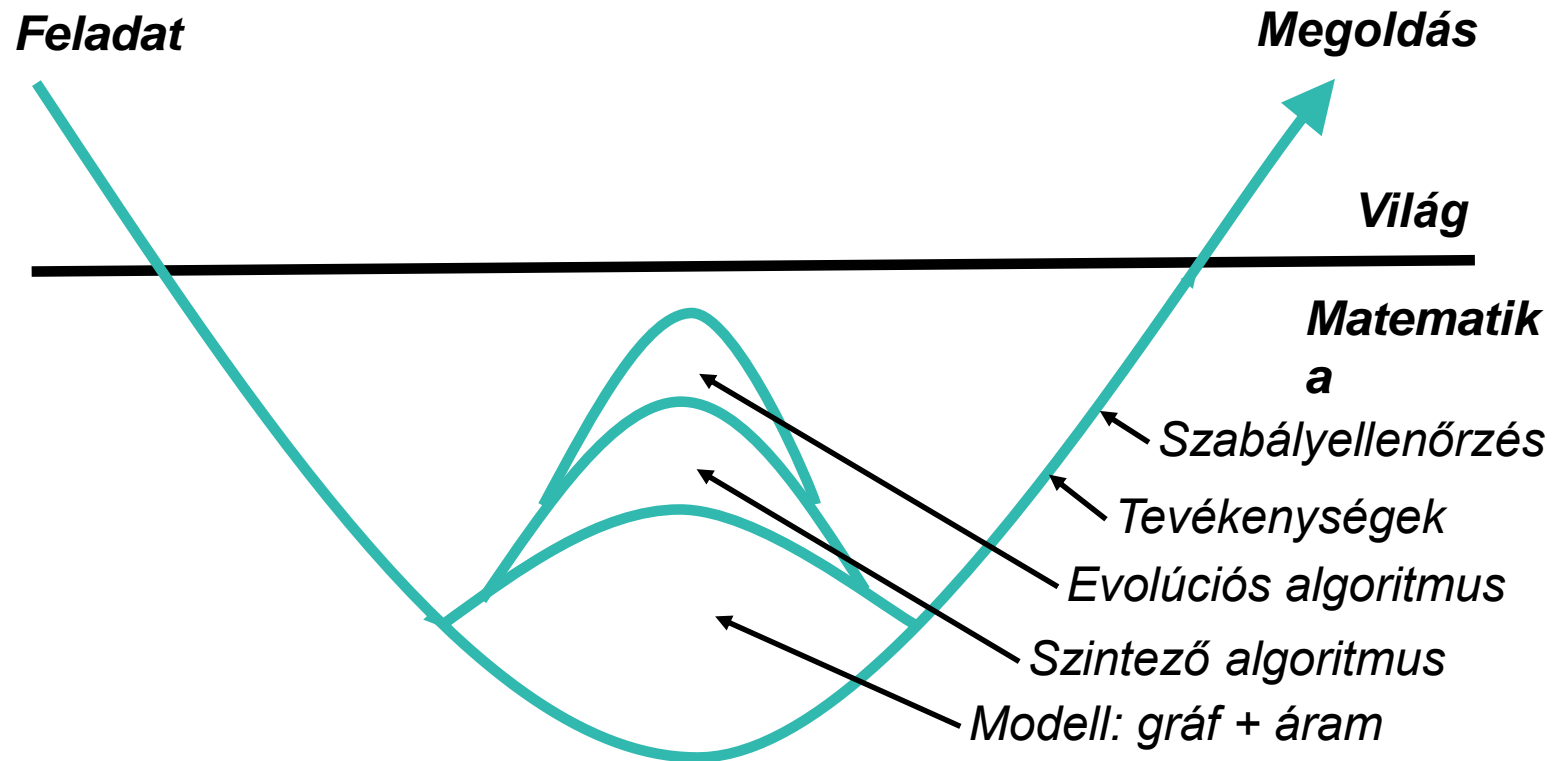
- Minden járatot (menetet) el kell végezni
- A járművekre és járművezetőkre érvényes szabályokat be kell tartani
- A fordák (beosztási keretek) automatikusan, „gombnyomásra” előálljanak
- Az előállított megoldások minősége legyen minél jobb (előre rögzített feltételek szerint)
- Az algoritmus futási ideje legyen rövidebb a „kézi” megoldásnál

# Az optimalizálás menete



- Vállalati, menetrendi szakrendszerekkel **integrált működés** (részben megvalósítva)
- Készültségi szint: **jelenleg demó verzió**
- Alkalmazhatóság: **helyi és helyközi közlekedés**
- Szabályrendszerek: **jelenleg autóbusz ágazat** (de más ágazatokkal is bővíthető)

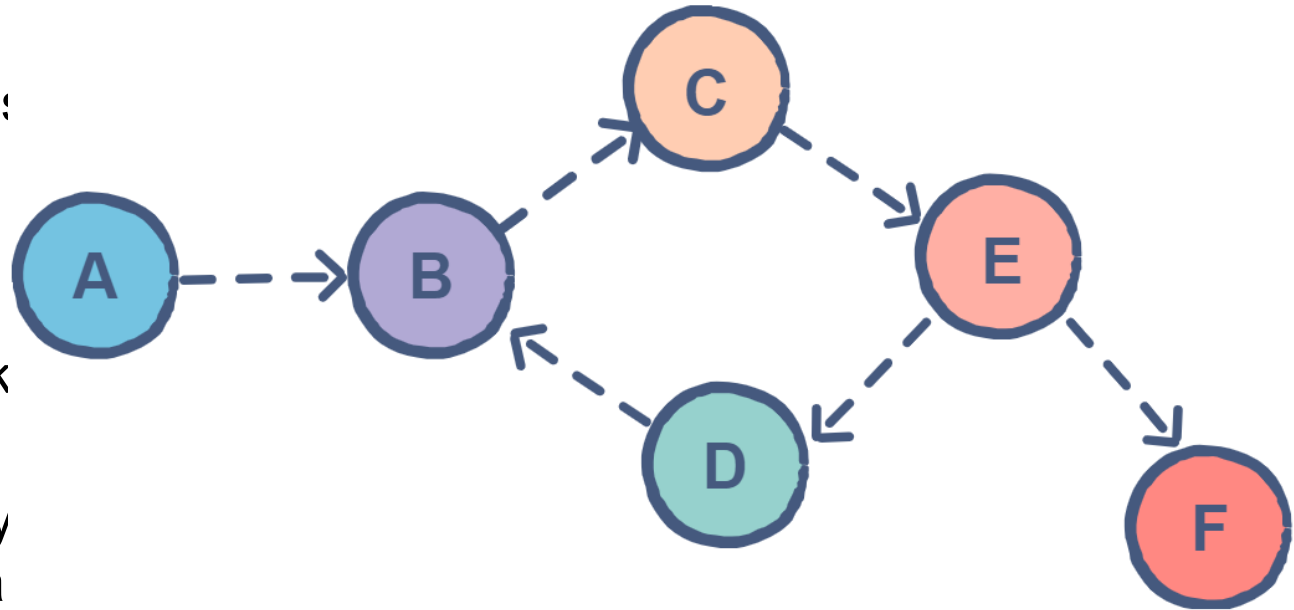
# Az optimalizálás megoldási módszere



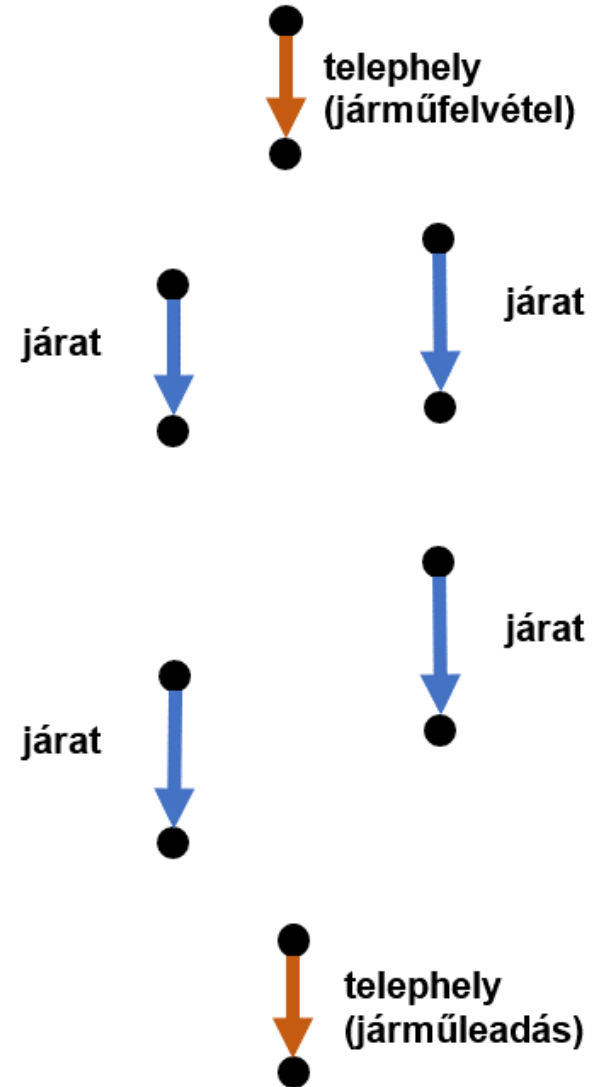
- A megoldás egy **evolúciós algoritmus alapú sztochasztikus** (véletlenszerű) **modell**
- A **megoldás keresése paraméterekkel befolyásolható**, mellyel a véletlenszerű lefutások a kívánt eredmény irányába módosíthatók
- A megvalósítás **moduláris felépítésű**

# Gráfépítés

- Irányított gráf:
  - **Csúcsok:**
    - elemi események (pl.: járatindulás, járatérkezés, telephelyi járműleadás eleje...)
    - van időpontjuk, helyük, és meghatározható, hogy mi történik éppen akkor, éppen ott
  - **Irányított élek:** két elemi esemény akkor kötünk össze egymással, ha azok bekövetkezhetnek egymás után

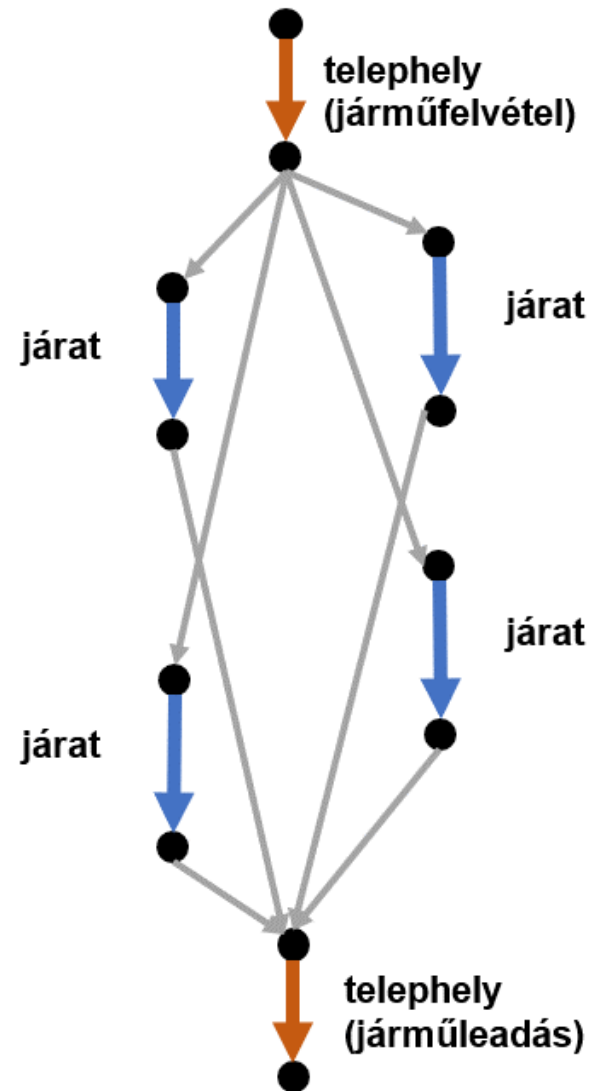


# Gráfépítés – telephelyek, járatok felvétele

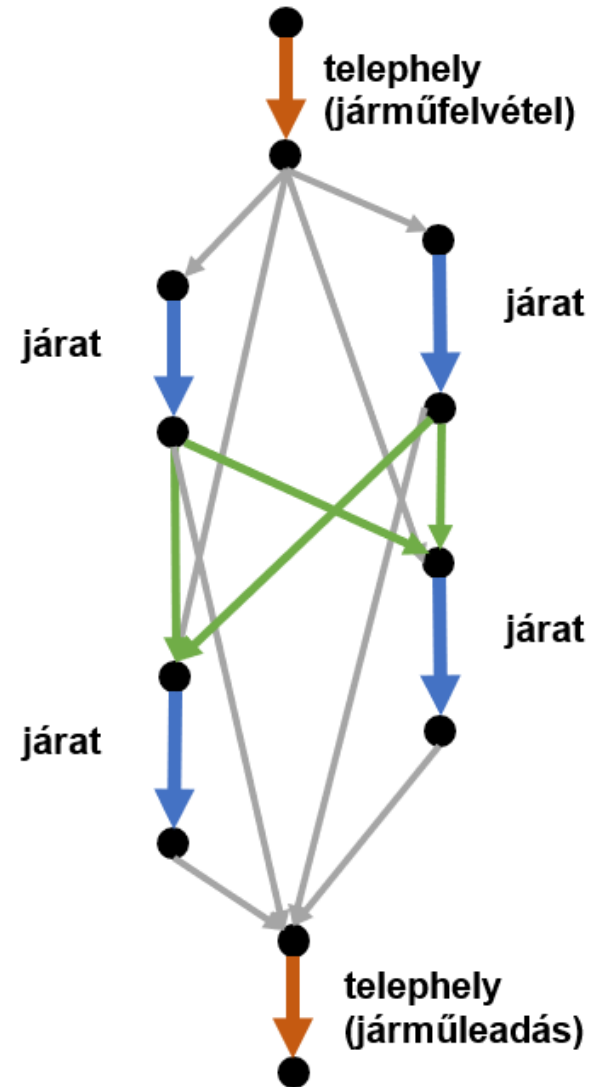




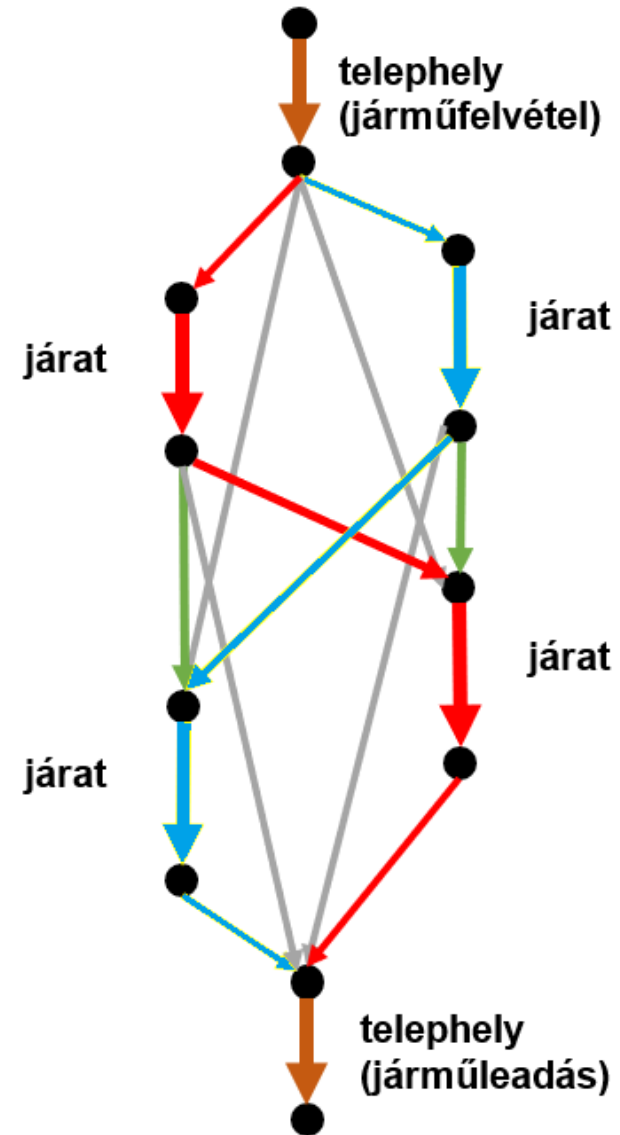
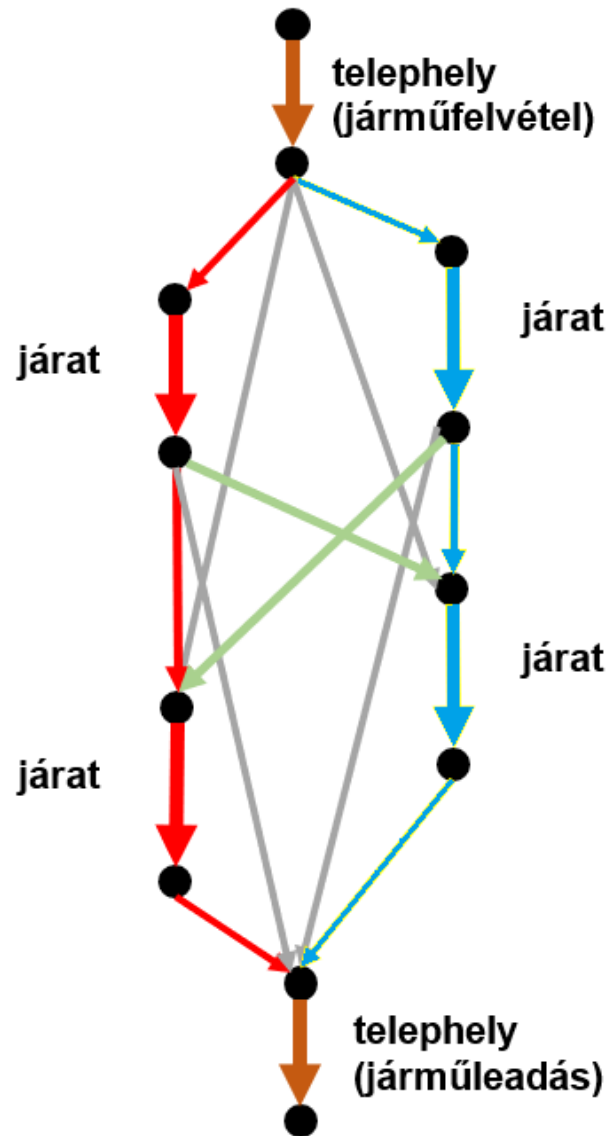
# Gráfépítés – telephelyek és járatok összekötése



# Gráfépítés – járatok összekötése egymással



# Áramkeresés



# A megoldás minősége, avagy a célfüggvény

- A megoldások (fordák / beosztási keret) minőségét előre meghatározott szempontok alapján lehet értékelni
- **Az értékelést az ún. célfüggvény végzi** (mely több komponensből is állhat)
- **Az optimalizálás a célfüggvény mentén történik**, minél alacsonyabb a célfüggvény értéke, annál jobb a megoldás
- **A célfüggvény paraméterezhető**, későbbi igények szerint bővíthető újabb komponensekkel
- **Jelenlegi (legfontosabb) komponensek:**

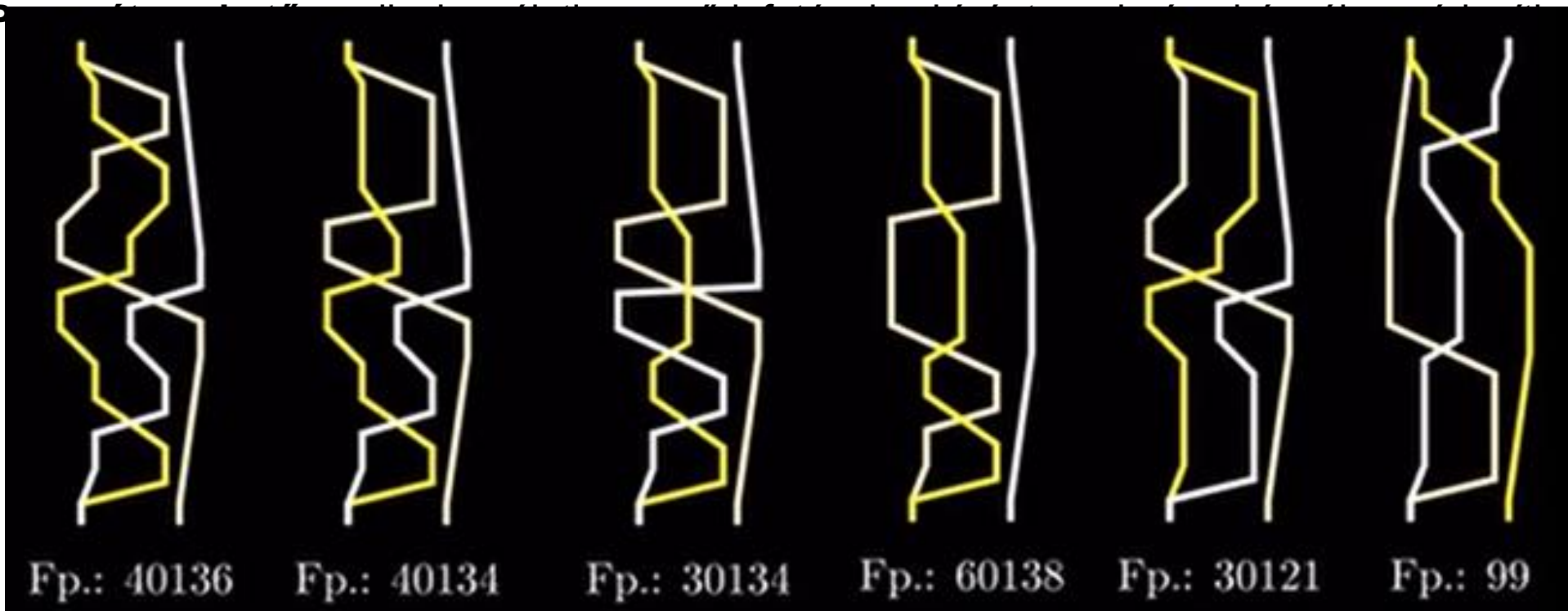
Helyi közlekedés	Helyközi közlekedés
Járművek minimalizálása	Járművek minimalizálása
Üzemóra (járművezető) minimalizálás	Járművezető (igénybevételi idő, munkaidő) minimalizálása
Járművezetői szolgálatok arányos hossza (8 óra munkaidőtől eltérés, ill. hosszak szórása)	Üres futások, (szolgálati, rezsi) teljesítmény minimalizálása
Kalkulált költségek	Kalkulált költségek



# Evolúciós algoritmus

- A **célfüggvény** értéke (fitnesszponyszám) alapján módosítja a megtalált áramot, így a végül megtalált megoldásokat is
- **Iterációs algoritmus**, egymás utáni, ismétlődő lépésekből áll (generációszám)
- Sztochasztikus, azaz **véletlenszerű** a lefutása

- **Populáció** (indulópontok) → **fitnesz** → **szelvény** → **mutáció** → **selektáció** → **új populáció**



# Futtatás a gyakorlatban

The screenshot shows a software interface with a dark theme. On the left, there is a 'Konfiguráció' (Configuration) sidebar with various settings. The main area displays 'Evolúciós Konfig' (Evolutionary Configuration) details. At the bottom, there are buttons for 'Teszt Futtatása' (Run Tests) and 'Megjegyzés' (Note).

**Konfiguráció**

- Fájl  Csomag
- Tesztcsomag: 0\_teszt\_Alap
- Tesztfájl: VB\_VEV680\_20221203\_els...
- Meo Gráf
- Meo Gráf Éllista
- Előfeldolgozó
- L-Jármű Ny-Követés
- Honos Telephely
- Váltásengedélyezés
- Váltásbeszűrő
- Yoda
- NPIH
- Pihenő
- UK
- KIALL / REND

**Evolúciós Konfig**

Start: 2023-04-03 14:39  
End: 2023-04-03 14:49

Max. futásidő:	10
Generációs szám:	10000
Populációs szám:	120
Túlélők Fp.:	1
Túlélők A   GSP:	20
Utódképzési ráta:	1
Mutációs ráta:	0
Lezsengés:	1
Fut a kísérlet:	true
Darabolás:	true
Klónozás:	true
Első generáció:	2
Min. forgalmi:	7
Min. munkadarab:	2
Max. munkadarab:	7
Sz. támogatott:	3
Sz. tiltott:	3
Megújulási freq.:	100

Bottom bar: ▶ Teszt Futtatása | ✎ Megjegyzés



# Menetrendi jellemzők, foglalkoztatási szabályok,

- A helyi és helyközi közlekedésben, illetve az egyes közlekedési társaságoknál **eltérő menetrendi jellemzők, szabályrendszerek** vannak érvényben
- **Menetrendi jellemzők** (többek között) – eltérés oka elsősorban a speciális közlekedési sajátosságok
  - Több telephelyes járműkiadás, honos telephely kezelés (kezdés, végzés azonos helyen)
  - Napon átnyúlás (pl.: előző nap, aznap, következő nap)
  - Több vonalon történő közlekedés (csoportos menetrend, átszerelés)
  - Váltás, lekerülés (engedélyezés, vagy tiltás helyenként és akár telephelyfüggően)
  - Tároltatás (elsősorban szűk, nagyvárosi végállomásokon)
  - Hatótáv vizsgálat (üzemanyag fogyasztás számítás)
- **Szabályrendszerek** (többek között) – eltérés oka elsősorban a foglalkoztatási / társasági szabályok
  - Napi maximális szolgálati idő, munkaidő, vezetési idő
  - Minimális pihenőszünet, munkaközi szünet
  - Foglalkoztatási formák alkalmazhatósága (pl. osztott szolgálat)
  - Akár egy optimalizálandó feladaton belül is eltérő lehet, pl. 50 km feletti és alatti fordák



# Kihívások

- **Feladat mérete**

- A járatok számának növelésével a gráf mérete exponenciálisan növekszik
- A kb. 50 járműnél nagyobb feladatok megoldását ún. darabolás segíti (kísérlet pl.: budapesti M3 metrópótlás)

- **Járműtípusok**

- A járatokhoz nem mindig van egyértelmű járműtípus elvárás rögzítve (pl. csúcsidőszakon kívül mindegy, hogy szóló / csuklós jármű végzi)

- **Tároltatás**

- Nem végállomáson, hanem attól eltérő (külső) helyen történő tároltatás
- Ha két járat között (végállomási) átszerelés szükséges, akkor annak időbelisége befolyásolja a tárolóhely foglaltságot a két végállomáson
- Adott tárolóhelyen eltérő járműtípusokból eltérő darabszám fér el (pl. szóló / csuklós)

- **Közlekedési korlátozások**

- Eltérő közlekedési korlátozások egy feladaton belül több részfeladatot jelent
- Részfeladatok lehetőség szerint (valamennyire) hasonlóak legyenek





# Paraméterezhetőség, minősegbiztosítás

- **Paraméterezhetőség** (rugalmasság)

- A feladatok megoldását befolyásolni lehet a célfüggvény komponensek paraméterezésén keresztül
- A normaidők szabadon módosíthatók (pl.: járműfelvétel, -leadás)
- A foglalkoztatási szabályok változását rugalmasan le tudjuk követni (pl.: napi maximális munkaidő)

- **Minősegbiztosítás** (tesztelés)

- A fejlesztést és a tesztelhetőséget tesztapp és segédappok biztosítják
- Több, mint 2.500 automatikusan ellenőrizhető modulteszt folyamatosan ellenőrzi a működést
- Statisztikai alapokon nyugvó minőségtesztekkel történik a fejlesztési kísérletek értékelése
- Sebességtesztek segítik a gyorsaság fejlesztését



# Előnyök

- **Menetrendesek munkájának segítése, támogatása** (pl.: több idő marad a hálózat-, és menetrendtervezésre)
- Potenciális hibázási lehetőségek csökkentése (automatizált ellenőrzések)
- Szabályrendszerek, normaidők **módosítási igényének hatása előre modellezhető** (pl.: érdekképviselési igények)
- Kézi megoldáshoz képest **gyorsabb** (pl.: éjszaka is futtatható), **hasonló / jobb minőségű megoldások**
- Akár kézi megoldás további optimalizálása (ún. természetes seed)
- **Többféle célra is optimalizálható** megoldások (paraméterezhetőség a célfüggvényénél)
- Modul struktúra, könnyebb fejlesztetheység
- Hibaanalízis (input hibák detektálása, javítási ajánlások)
- **Keretrendszer további projektekre is felhasználható**
  - Járműszám csökkentési javaslat (technológiai idők csökkentésével, vagy kismértékű menetrendmódosítással)
  - Normaidők vagy szabálymódosítások hatásának számszerűsítése (pl.: érdekképviselési kérések modellezése)



Köszönöm a figyelmet!

Hetei Balázs Attila – [hetei.balazs.attila@ext.telekom.hu](mailto:hetei.balazs.attila@ext.telekom.hu)

